

**PENGEMBANGAN MINIATUR SISTEM IRIGASI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO
SEBAGAI MEDIA PERAGA PEMBELAJARAN PADA
MATA PELAJARAN IPA MATERI EKOSISTEM DI
SEKOLAH MENENGAH PERTAMA**

SKRIPSI



**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan (S.Pd)**

**Disusun oleh :
Mohamad Labib
22320026**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
IKIP PGRI BOJONEGORO
TAHUN 2026**

**PENGEMBANGAN MINIATUR SISTEM IRIGASI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO
SEBAGAI MEDIA PERAGA PEMBELAJARAN PADA
MATA PELAJARAN IPA MATERI EKOSISTEM DI
SEKOLAH MENENGAH PERTAMA
(STUDI KASUS SMPN 1 JATIROGO)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)

Oleh :

MOHAMAD LABIB

22320026

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
IKIP PGRI BOJONEGORO
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul “Pengembangan Miniatur Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan Arduino Uno Sebagai Media Peraga Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Ipa Materi Ekosistem Di Sekolah Menengah Pertama” Disusun oleh :

Nama : Mohamad Labib
NIM : 22320026
Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi

Disusun untuk disetujui oleh dosen pembimbing skripsi dan diajukan ke tahap sidang skripsi.

Bojonegoro, 27 Juli 2026

Pembimbing I



Boedy Ikhadtanto, S.T., M.Pd.
NIDN : 0705077303

Pembimbing II



Muhammad Rinov Cuhazriansyah, S.T., M.Pd.T.
NIDN : 0715119105

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “ Pengembangan Sistem Informasi Absensi Pintar Berbasis WEB Berbasis Teknologi RFID dan Validasi Foto Selfie Untuk Monitoring Kehadiran Siswa Secara Real-Time” disusun oleh:

Nama : Mohamad Labib

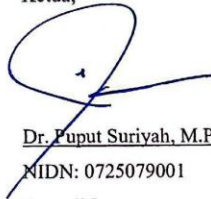
NIM : 22320026

Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi

Telah dipertahankan dalam sidang skripsi pada Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IKIP PGRI Bojonegoro pada hari Senin, 27 juli 2026

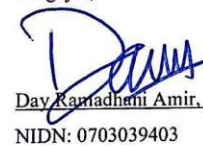
Bojonegoro, 10 Agustus 2026

Ketua,



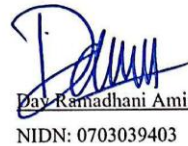
Dr. Puput Suriyah, M.Pd.
NIDN: 0725079001

Penguji I,



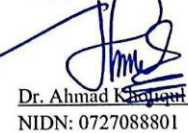
Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.
NIDN: 0703039403

Sekretaris,



Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.
NIDN: 0703039403

Penguji II,



Dr. Ahmad Isyopani Amin, M.Pd.
NIDN: 0727088801

Rektor,

Dr. Dra. Junarti, M.Pd.
NIDN: 0014016501

iii

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“ MOTIVASI TANPA AKSI = HALUSINASI”

“ tak ada proses yang sia-sia, semua atas kendali dan kehendak-Nya”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa cinta, syukur, dan kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta, Terima kasih atas segala kasih sayang, doa, pengorbanan, dukungan, dan semangat yang tidak pernah berhenti mengiringi setiap langkah perjalanan saya. Terima kasih telah selalu percaya kepada saya, bahkan ketika saya sempat meragukan kemampuan diri sendiri. Tidak ada kata yang cukup untuk membalas segala kebaikan yang telah Bapak dan Ibu berikan. Pencapaian ini bukan semata-mata hasil dari usaha saya, tetapi juga merupakan buah dari doa, kesabaran, kasih sayang, dan pengorbanan Bapak dan Ibu. Skripsi ini menjadi salah satu bentuk kecil dari usaha saya untuk membuat Bapak dan Ibu bangga. Semoga pencapaian ini dapat menjadi awal dari langkah-langkah baik berikutnya dan menjadi bukti bahwa setiap doa dan pengorbanan Bapak dan Ibu tidak pernah sia-sia.
2. IKIP PGRI Bojonegoro, Terima kasih telah menjadi tempat saya menimba ilmu, mengembangkan diri, serta memperoleh berbagai pengalaman berharga selama menempuh pendidikan. Terima kasih atas segala kesempatan, ilmu, fasilitas, dan lingkungan akademik yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan pendidikan saya.
3. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesabaran, waktu, bimbingan, arahan, masukan, motivasi, serta ilmu yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Setiap nasihat dan ilmu yang diberikan menjadi bekal yang sangat berharga bagi saya, tidak hanya dalam menyelesaikan skripsi, tetapi juga sebagai bekal untuk menghadapi langkah-langkah saya di masa yang akan datang.
4. Sahabat-sahabat dan keluarga besar Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, bantuan, semangat, canda tawa, serta berbagai cerita dan pengalaman yang telah kita lalui bersama. Kehadiran kalian telah membuat perjalanan perkuliahan menjadi lebih berwarna dan meninggalkan banyak kenangan yang tidak akan pernah saya lupakan.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Dengan ini, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mohamad Labib
NIM : 22320026
Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi
Fakultas : Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Demi menjunjung tinggi integritas akademik, dengan tulus dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun, saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PENGEMBANGAN MINIATUR SISTEM IRIGASI OTOMATIS MENGUNAKAN ARDUINO UNO SEBAGAI MEDIA PERAGA PEMBELAJARAN PADA MATA PELAJARAN IPA MATERI EKOSISTEM DI SEKOLAH MENENGAH PERTAMA

merupakan hasil karya asli saya sendiri dan semua sumber informasi yang digunakan telah saya cantumkan dengan jelas dalam daftar referensi berdasarkan kode etik ilmiah. Saya menyadari bahwa apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan terkait dengan keaslian karya ini, saya secara pribadi bersedia menerima konsekuensi sesuai dengan peraturan yang berlaku dan siap menanggung sanksi hukum.

Bojonegoro, 29 Juli 2026



Mohamad Labib

NIM. 22320026

ABSTRAK

Labib, M, 2026. Pengembangan Miniatur Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan Arduino Uno Sebagai Media Peraga Pembelajaran Pada Mata Pelajaran IPA Materi Ekosistem Di Sekolah Menengah Pertama. Skripsi. Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IKIP PGRI Bojonegoro. Pembimbing I Boedy Irhadtanto, S.T., M.Pd., Pembimbing II Muh. Rinov Cuhanazriansyah, S.T., M.Pd.T.

Kata Kunci: Arduino Uno, media pembelajaran, ekosistem, sistem irigasi otomatis, R&D 4D, STEM.

Pembelajaran IPA pada materi ekosistem di UPT SMP Negeri 1 Jatirogo masih menghadapi kendala karena konsep yang dipelajari bersifat abstrak dan belum didukung media pembelajaran yang mampu menunjukkan hubungan langsung antar komponen ekosistem. Data observasi awal menunjukkan bahwa 68% siswa belum mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) pada materi ekosistem, sehingga diperlukan media pembelajaran yang lebih konkret. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran IPA materi ekosistem, sekaligus mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model 4D (Define, Design, Develop, dan Disseminate). Produk yang dikembangkan terdiri atas Arduino Uno, sensor kelembapan tanah, pompa air mini, relay, LED indikator, LCD 16×2, dan miniatur lahan tanam yang memvisualisasikan hubungan antara faktor abiotik (tanah dan air) dengan komponen biotik dalam suatu ekosistem. Hasil validasi ahli media memperoleh rata-rata persentase 94% dan validasi ahli materi 89%, keduanya berada pada kategori sangat layak. Hasil respons guru dan siswa menunjukkan media ini praktis, mudah digunakan, dan bermanfaat dalam pembelajaran. Uji coba terhadap 29 peserta didik menunjukkan peningkatan hasil belajar dari rata-rata pretest 39,14 menjadi rata-rata posttest 93,97, dengan nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,89 (kategori tinggi), dan seluruh peserta didik (100%) berada pada kategori peningkatan tinggi. Dengan demikian, miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno terbukti valid, praktis, dan efektif sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep ekosistem siswa SMP, serta mendukung penerapan pembelajaran berbasis STEM.

ABSTRACT

Labib, M., 2026. Development of an Automated Irrigation System Miniature Using Arduino Uno as an Instructional Aid for the Ecosystems Topic in Junior High School Science. Undergraduate Thesis. Information Technology Education, Faculty of Mathematics and Natural Sciences Education, IKIP PGRI Bojonegoro. Supervisor I: Boedy Irhadtanto, S.T., M.Pd.; Supervisor II: Muh. Rinov Cuhanazriansyah, S.T., M.Pd.T.

Keywords: *Arduino Uno, learning media, ecosystem, automatic irrigation system, 4D R&D, STEM.*

Science learning on the ecosystem topic at UPT SMP Negeri 1 Jatirogo still faces obstacles because the concepts taught are abstract and not yet supported by learning media that can directly demonstrate the relationships between ecosystem components. Preliminary observation data showed that 68% of students had not reached the Minimum Completeness Criteria (KKM) on the ecosystem topic, indicating the need for a more concrete learning medium. This study aimed to develop an Arduino Uno-based automatic irrigation miniature as an instructional aid for the ecosystem topic, while also examining its validity, practicality, and effectiveness. The study used the Research and Development (R&D) method with the 4D model (Define, Design, Develop, and Disseminate). The developed product consists of an Arduino Uno, a soil moisture sensor, a mini water pump, a relay, LED indicators, a 16×2 LCD, and a miniature planting area that visualizes the relationship between abiotic factors (soil and water) and biotic components within an ecosystem. The media validation results obtained an average score of 94% from media experts and 89% from material experts, both in the very feasible category. Teacher and student responses indicated that the media was practical, easy to use, and beneficial for learning. A trial involving 29 students showed an improvement in learning outcomes from an average pretest score of 39.14 to an average posttest score of 93.97, with an average N-Gain value of 0.89 (high category), and all students (100%) fell into the high-improvement category. Therefore, the Arduino Uno-based automatic irrigation miniature is proven to be valid, practical, and effective as a learning medium for improving junior high school students' understanding of ecosystem concepts, while also supporting STEM-based learning.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya proposal penelitian berjudul “Pengembangan Miniatur Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan Arduino Uno Sebagai Media Peraga Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Ipa Materi Ekosistem Di Sekolah Menengah Pertama (Studi Kasus Smpn 1 Jatirogo)” dapat disusun dengan baik. Proposal ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam pelaksanaan Seminar Proposal pada Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi.

Penyusunan proposal ini didasarkan pada kebutuhan pengembangan media pembelajaran yang inovatif dan sesuai dengan perkembangan teknologi, khususnya dalam pembelajaran IPA di SMP N 1 Jatirogo pada materi Ekosistem diharapkan dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep siswa melalui penyajian materi yang lebih visual, interaktif, dan fleksibel. Penulis menyadari bahwa proposal ini masih memiliki keterbatasan. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan penelitian ini. Semoga proposal ini memberikan manfaat bagi pengembangan pembelajaran dan kajian di bidang pendidikan teknologi informasi.

Bojonegoro, 5 Februari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	10
E. Spesifikasi Produk.....	14

F.	Asumsi Dan Keterbatasan Pengembangan.....	20
G.	Definisi Operasional.....	23
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....		35
A.	Kajian Pustaka.....	35
B.	Kerangka Teoritis.....	51
C.	Kerangka Berfikir.....	64
BAB III METODE PENELITIAN.....		68
A.	Pendekatan Penelitian	68
B.	Jenis dan Sumber Data	70
C.	Desain dan Model	73
D.	Prosedur Pengembangan (Tahapan dan Analisis).....	77
E.	Desain Produk dan Uji Coba (Mockup dan Pengujian).....	89
F.	Instrumen Pengumpulan Data	90
G.	Teknik dan Analisis Data	94
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		99
A.	Hasil.....	99
1.	Analisis Kebutuhan	100
2.	Pengembangan Produk.....	105
3.	Validasi	155
4.	Revisi	159

5.	Uji Coba	161
6.	Efektivitas	162
B.	Pembahasan	167
1.	Pembahasan Hasil Validasi	167
2.	Pembahasan Efektivitas	168
3.	Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu.....	168
4.	Implikasi.....	170
BAB V PENUTUP.....		172
A.	Kesimpulan.....	172
B.	Saran	173
DAFTAR PUSTAKA		175
LAMPIRAN.....		183

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Operasional Variabel.....	33
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	47
Tabel 2. 2 Analisis Penelitian Terdahulu	50
Tabel 2. 3 Variabel dan Indikator	56
Tabel 3. 1 Tabel Kisi-Kisi Ahli Media.....	92
Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Ahli Materi	93
Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Uji Coba Kepada Siswa.....	94
Tabel 3. 4 Kriteria Kelayakan Media	96
Tabel 3. 5 Kriteria Kepraktisan Media.....	96
Tabel 4. 1 Validasi Ahli Media.....	157
Tabel 4. 2 Validasi Ahli Materi	158
Tabel 4. 3 Efektivitas Media	165

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Ardiuno Uno.....	108
Gambar 4. 2 sensor kelembaban tanah.....	111
Gambar 4. 3 Relay.....	114
Gambar 4. 4 Pompa Air Mini.....	116
Gambar 4. 5 LCD 16X2	119
Gambar 4. 6 Lampu LED.....	122
Gambar 4. 7 Adaptor Power.....	125
Gambar 4. 8 Kabel Jumper	128
Gambar 4. 9 Breadboard	131
Gambar 4. 10 Selang Air.....	134
Gambar 4. 11 Styrofoam	137
Gambar 4. 12 Source Code Program Arduino Uno IDE.....	141
Gambar 4. 13 Source Code Program Arduino Uno IDE.....	142
Gambar 4. 14 Source Code Program Arduino Uno IDE.....	143
Gambar 4. 15 Prototype I.....	147

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian.....	183
Lampiran 2 Surat Keterangan Selesai Penelitian	184
Lampiran 3 Validasi Ahli Media I	185
Lampiran 4 Validasi Ahli Media II.....	186
Lampiran 5 Validasi Ahli Materi I dan II	187
Lampiran 6 Instrumen Kelayakan Uji Coba Kepada Siswa.....	188
Lampiran 7 Uji Pretest dan Posttest	189
Lampiran 8 Kartu Bimbingan Dosen Pembimbing I	190
Lampiran 9 Kartu Bimbingan Dosen Pembimbing II	191
Lampiran 10 Dokumentasi.....	192

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Sekolah Menengah Pertama bertujuan untuk membantu siswa memahami berbagai fenomena alam melalui kegiatan pengamatan, analisis, serta pengalaman belajar secara langsung. Melalui pembelajaran tersebut, siswa diharapkan mampu memahami keterkaitan antara berbagai komponen yang terdapat di alam, termasuk hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya. Namun, dalam praktiknya proses pembelajaran IPA di sekolah masih banyak bergantung pada metode ceramah dan penggunaan buku teks sebagai sumber utama pembelajaran. Kondisi ini menyebabkan beberapa konsep yang bersifat abstrak, seperti hubungan antar komponen ekosistem, peran faktor abiotik, serta dinamika interaksi lingkungan, menjadi sulit dipahami oleh siswa secara optimal (Ananingtyas et al., 2022). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Arduino pada Pembelajaran STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains dan Digital*. Brilliant: Jurnal Riset dan Konseptual. Penelitian ini menjelaskan bahwa penggunaan media berbasis Arduino dalam pembelajaran STEM mampu meningkatkan literasi sains dan literasi digital siswa karena siswa belajar melalui praktik langsung, pemrograman, dan pemecahan masalah nyata.

Kebutuhan akan penggunaan media pembelajaran yang inovatif dan interaktif juga diperkuat oleh hasil penelitian *Pengembangan Media*

Pembelajaran IPA Berbasis Papan Pintar pada Materi Ekosistem yang menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga interaktif mampu meningkatkan pemahaman konsep ekosistem pada siswa sekolah menengah pertama. Hasil penelitian tersebut menegaskan bahwa media pembelajaran yang bersifat visual dan interaktif dapat membantu mengurangi terjadinya miskonsepsi sekaligus meningkatkan minat belajar siswa. Oleh karena itu, penggunaan media pembelajaran yang konkret menjadi sangat penting, khususnya pada materi ekosistem yang menuntut pemahaman mengenai hubungan antara komponen biotik dan abiotik dalam suatu lingkungan (Febrianasari et al., 2025).

Permasalahan serupa juga ditemukan di SMP Negeri 1 Jatirogo. Berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan peneliti pada bulan Februari 2025, diketahui bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi ekosistem karena penyajian materi masih bersifat konseptual dan belum didukung oleh media pembelajaran yang mampu menunjukkan hubungan secara langsung antara komponen biotik dan abiotik dalam menunjang keberlangsungan makhluk hidup. Selain itu, rendahnya ketertarikan siswa terhadap materi ekosistem turut menghambat proses pembelajaran di kelas (Apriani & Sudrajat, 2025).

Data hasil observasi menunjukkan bahwa sebanyak 68% siswa belum mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75 pada ulangan materi ekosistem semester sebelumnya. Siswa juga mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan proses seperti siklus air yang diatur melalui sistem irigasi

serta interaksi komponen abiotik secara dinamis. Media pembelajaran yang digunakan selama ini masih terbatas pada gambar atau video dua dimensi serta alat peraga statis, sehingga belum mampu menggambarkan proses otomatisasi yang terjadi dalam suatu sistem lingkungan. Guru menyampaikan bahwa siswa cenderung kurang berminat dalam mengikuti pembelajaran karena tidak mendapatkan pengalaman belajar yang bersifat konkret maupun praktik langsung. Oleh karena itu, guru membutuhkan media pembelajaran yang konkret, mudah dibawa, serta mampu menunjukkan prinsip kerja kontrol otomatis berbasis sensor yang relevan dengan materi ekosistem (Budi et al., 2024).

Belum ada penelitian yang secara khusus yang mengembangkan miniatur sistem irigasi otomatis sebagai media peraga pada materi ekosistem di tingkat Sekolah Menengah Pertama yang diuji dari aspek validitas, kepraktisan, dan keefektifannya dalam proses pembelajaran. Padahal, pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi dan sistem otomatisasi berpotensi memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret serta membantu siswa memahami keterkaitan antara komponen biotik dan abiotik dalam suatu ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi media pembelajaran yang tidak hanya bersifat visual, tetapi juga mampu mendemonstrasikan proses kerja sistem lingkungan secara nyata (Diviella et al., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti berupaya mengembangkan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran pada materi ekosistem. Media ini dirancang untuk

memperlihatkan secara langsung proses pengaturan air dalam suatu sistem irigasi yang melibatkan sensor dan kontrol otomatis sehingga siswa dapat memahami hubungan antara faktor abiotik, seperti air dan tanah, dengan keberlangsungan makhluk hidup dalam ekosistem. Pengembangan media ini diharapkan dapat menjadi sarana pembelajaran yang lebih interaktif, menarik, serta mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa (Bakar et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta menguji kelayakan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran yang ditinjau dari aspek validitas, kepraktisan, dan keefektifannya dalam meningkatkan pemahaman siswa SMP pada materi ekosistem.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kontribusi, yaitu mengembangkan alat peraga berupa miniatur sistem irigasi otomatis menggunakan Arduino Uno di dalam pembelajaran IPA pada materi ekosistem. Salah satu aspek penting dalam ekosistem adalah ketersediaan air sebagai faktor abiotik. Berbeda dari media sebelumnya misalnya papan pintar, media ini menampilkan proses aliran air, kondisi tanah, dan respon otomatis, sehingga lebih representatif. Menghadirkan inovasi media ekosistem yang lebih lengkap. Namun, sekolah seringkali tidak memiliki fasilitas untuk memperagakan sistem pengairan secara langsung dan otomatis. Miniatur sistem irigasi dapat menjadi solusi untuk menjembatani kesenjangan tersebut.

Melalui pengembangan miniatur sistem irigasi otomatis sebagai media peraga pembelajaran, penelitian ini memberikan kontribusi spesifik bagi siswa

dalam memahami materi ekosistem. Karena, siswa dapat mengamati secara langsung bagaimana proses irigasi otomatis berlangsung, mulai dari pendeteksian kondisi lingkungan hingga pengaturan aliran air. Pengalaman ini membantu mereka melihat secara nyata keterkaitan antara komponen lingkungan, sensor yang mendeteksi perubahan, serta respons sistem yang muncul sebagai akibatnya (Prabowo et al., 2025).

Melalui pengamatan tersebut, siswa lebih mudah memahami konsep keseimbangan ekosistem karena mereka melihat bagaimana perubahan pada satu faktor dapat mempengaruhi keseluruhan sistem. Selain itu, kegiatan praktek dengan media ini mendorong siswa untuk berpikir ilmiah melalui proses observasi, analisis, serta percobaan sederhana yang dilakukan selama pembelajaran. Penggunaan teknologi modern seperti Arduino juga memberikan pengalaman belajar yang lebih relevan dengan perkembangan zaman, sekaligus meningkatkan motivasi dan rasa ingin tahu siswa terhadap penerapan teknologi dalam kehidupan nyata (Prabowo et al., 2025).

Amelia & Semarang (2026), *Tren Penelitian Media Digital STEM pada Pembelajaran IPA SMP di Indonesia: Systematic Literature Review 2014–2024*. Pancasakti Science Education Journal. Penelitian ini menunjukkan bahwa media pembelajaran STEM sangat penting dalam meningkatkan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan keterampilan teknologi pada pembelajaran IPA modern.

Penelitian Rancang Bangun Sistem Irigasi Sawah Otomatis Berbasis Arduino Uno oleh (Asmara et al., 2024b) menunjukkan bahwa sistem irigasi

otomatis dapat bekerja efektif menggunakan sensor kelembaban tanah dan kontrol pompa otomatis. Begitu pula penelitian *Smart Irrigation System using Arduino* oleh (Asra, 2024) membuktikan bahwa Arduino mampu mengintegrasikan sensor suhu, kelembaban, tekanan, intensitas cahaya, dan kualitas udara secara bersamaan untuk mengatur penyiraman tanaman secara cerdas.

Penelitian lainnya seperti Sistem Penyiraman Otomatis Berdasarkan Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno R3 oleh (Triguntoro & Kelviandy, 2024), serta Sistem Penyiraman Otomatis Pada Lahan Tanaman Terong Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno oleh Rino (2023) konsisten menunjukkan bahwa Arduino Uno adalah *platform* yang stabil, mudah diimplementasikan, dan efektif digunakan sebagai sistem otomatisasi sederhana di bidang pertanian dan lingkungan.

Selain itu, penelitian Monitoring dan Kontrol Berbasis Arduino oleh (Asmara et al., 2024a) memperkuat bahwa Arduino dapat digunakan untuk proses pemantauan dan kontrol otomatis yang dapat diadaptasi dalam konteks pembelajaran IPA. Wandu (2020) dalam Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Arduino juga menekankan bahwa sistem otomatisasi berbasis sensor memberikan gambaran nyata kepada pengguna tentang hubungan antara kondisi lingkungan dan respons teknologi.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa Arduino tidak hanya relevan secara teknis, tetapi juga sangat potensial sebagai media pendidikan karena mampu memvisualisasikan konsep yang selama ini hanya dipelajari secara

teoritis, seperti hubungan air, tanah, tumbuhan, dan keberlangsungan makhluk hidup sebagai bagian dari ekosistem (Rahmawati et al., 2025).

Berdasarkan kebutuhan pembelajaran, pendapat para ahli, serta dukungan berbagai penelitian di atas, maka sangat penting dikembangkan sebuah miniatur sistem irigasi otomatis menggunakan Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran. Media ini dapat memberikan pengalaman belajar secara langsung (*direct learning experience*) kepada siswa melalui observasi terhadap proses kerja sistem irigasi otomatis sehingga mereka dapat mengamati secara langsung bagaimana sensor mendeteksi kelembaban tanah, bagaimana sistem mengatur penyiraman, dan bagaimana proses tersebut berhubungan dengan konsep keseimbangan ekosistem (Charles et al., n.d.).

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pengembangan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno yang tidak hanya berfungsi sebagai alat peraga teknologi, tetapi juga dirancang secara khusus sebagai media pembelajaran IPA pada materi Ekosistem. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada penerapan sistem irigasi otomatis untuk kebutuhan pertanian atau pengembangan media pembelajaran berbasis Arduino secara umum, produk yang dikembangkan dalam penelitian ini mengintegrasikan konsep ekosistem dengan teknologi otomasi melalui simulasi penyiraman tanaman berdasarkan tingkat kelembaban tanah (Chan et al., 2025). Selain itu, miniatur dilengkapi dengan sensor *soil moisture*, pompa air otomatis, serta LCD 16×2 yang menampilkan informasi kelembaban tanah, kondisi tanah, dan status pompa secara real time. Integrasi tersebut

memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan kontekstual sehingga siswa tidak hanya memahami konsep ekosistem secara teoritis, tetapi juga dapat mengamati secara langsung hubungan antara faktor abiotik berupa air dan kelembaban tanah dengan pertumbuhan tumbuhan sebagai bagian dari ekosistem .

Oleh karena itu, penelitian ini berjudul “Pengembangan Miniatur Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan Arduino Uno Sebagai Media Peraga Pembelajaran pada Mata Pelajaran IPA Materi Ekosistem di Sekolah Menengah Pertama.” Penelitian ini diharapkan menghasilkan media pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan ketertarikan siswa terhadap konsep ekosistem melalui pengalaman belajar yang interaktif dan bermakna.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, masalah penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana proses mengembangkan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran IPA materi Ekosistem ?
2. Bagaimana tingkat validitas media berdasarkan penilaian ahli dan tingkat kepraktisan media berdasarkan respon guru dan siswa ?
3. Bagaimana tingkat efektivitas media terhadap pemahaman konsep ekosistem siswa ?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada teori pembelajaran yang menyatakan bahwa penggunaan media pembelajaran yang konkret, interaktif, dan berbasis teknologi dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep IPA. Teori tersebut berkaitan dengan variabel penelitian, yaitu pengembangan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno sebagai media pembelajaran pada materi Ekosistem. Media yang dikembangkan mengintegrasikan komponen Arduino Uno, sensor *soil moisture*, pompa air, dan LCD 16×2 sehingga mampu menyajikan proses penyiraman otomatis berdasarkan tingkat kelembaban tanah. Melalui media tersebut, siswa dapat mengamati secara langsung hubungan antara faktor abiotik berupa air dan kelembaban tanah dengan pertumbuhan tumbuhan sebagai komponen biotik dalam ekosistem. Dengan demikian, teori mengenai media pembelajaran, pembelajaran kontekstual, dan sistem kendali otomatis menjadi landasan dalam pengembangan produk sekaligus mendukung tercapainya tujuan penelitian untuk menghasilkan media pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif digunakan dalam proses pembelajaran IPA.

Penelitian dengan judul “Pengembangan Miniatur Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan Arduino Uno Sebagai Media Peraga Pembelajaran pada Mata Pelajaran IPA Materi Ekosistem di Sekolah Menengah Pertama” memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menghasilkan miniatur sistem irigasi otomatis menggunakan Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran IPA pada materi ekosistem sesuai

dengan tahap *Define*, *Design*, *develop*, dan *Dessiminate* dalam model pengembangan 4D.

2. Mengetahui tingkat validitas media miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media, serta tingkat kepraktisan media berdasarkan respons guru dan siswa terhadap penggunaan media tersebut dalam proses pembelajaran.
3. Untuk mengetahui tingkat efektivitas media miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno terhadap peningkatan pemahaman konsep ekosistem siswa.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian “*Pengembangan Miniatur Sistem Irigasi Otomatis Menggunakan Arduino Uno Sebagai Media Peraga Pembelajaran pada Mata Pelajaran IPA materi Ekosistem di Sekolah Menengah Pertama*” diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis

Secara teori, penelitian ini membantu memperkuat pembahasan tentang pengembangan media pembelajaran IPA, khususnya pada materi ekosistem, dengan menggunakan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno sebagai media pembelajaran yang nyata. Media yang dihasilkan bukan hanya digunakan untuk menampilkan contoh saja, tetapi juga sebagai cara untuk menunjukkan hubungan antara komponen abiotik seperti kelembaban tanah, air, dan kondisi lingkungan dengan respons dari sistem otomatis.

Dengan demikian, siswa bisa memahami konsep secara lebih bermakna dan sesuai dengan konteks.

Kontribusi utama penelitian ini adalah menggabungkan antara konsep ekosistem dan prinsip kerja sistem otomatis berbasis mikrokontroler dalam satu media pembelajaran yang sederhana dan dapat diterapkan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya menggunakan Arduino untuk praktikum elektronika atau pemrograman, penelitian ini menjadikan mikrokontroler sebagai bagian dari media pembelajaran IPA yang langsung menggambarkan fenomena alam dan hubungan sebab-akibat dalam ekosistem. Dengan demikian, Penelitian ini memperluas kajian mengenai pemanfaatan mikrokontroler Arduino Uno sebagai media pembelajaran IPA berbasis STEM.

Poin baru dalam penelitian ini adalah menggunakan miniatur sistem irigasi otomatis sebagai media pembelajaran ekosistem yang dirancang dengan model pengembangan 4D, serta diujikan dari aspek validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Media ini menggabungkan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) yang berbasis teknologi sederhana, yang jarang dilakukan secara sistematis dalam pembelajaran ekosistem di SMP. Selain itu, penelitian ini memberikan bukti bahwa model 4D tidak hanya Cocok untuk pengembangan bahan ajar tradisional, tetapi juga kuat dalam menghasilkan media pembelajaran berbasis teknologi yang interaktif dan sesuai dengan kebutuhan siswa SMP.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan dasar teori baru untuk pengembangan media pembelajaran IPA berbasis STEM yang menggabungkan teknologi mikrokontroler sederhana, serta bisa menjadi patokan bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan media pembelajaran yang inovatif, berbasis konteks, lintas disiplin, dan terfokus pada pemahaman konsep siswa.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Siswa

- 1) Media peraga ini membantu siswa lebih mudah memahami konsep ekosistem karena pembelajaran tidak hanya dilakukan melalui teori atau gambar di buku, tetapi juga melalui pengamatan langsung terhadap cara kerja alat. Siswa dapat melihat secara nyata hubungan antara kondisi lingkungan dan respons yang terjadi pada sistem.
- 2) Penggunaan media berbasis Arduino membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif. Siswa dapat melihat perubahan kondisi tanah, sensor, dan sistem penyiraman secara langsung sehingga menumbuhkan rasa ingin tahu dan meningkatkan semangat belajar.
- 3) Melalui kegiatan pengamatan dan penggunaan media, siswa dilatih untuk berpikir kritis dalam memahami hubungan antara komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem. Selain itu, siswa juga dapat mengembangkan kemampuan observasi, analisis, dan pemecahan masalah dalam pembelajaran IPA.

b. Bagi Guru

- 1) Media ini dapat menjadi alternatif pembelajaran yang lebih inovatif dan sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini. Guru dapat memanfaatkan media berbasis Arduino untuk menciptakan suasana belajar yang lebih aktif dan tidak monoton.
- 2) Penggunaan media peraga membantu guru menjelaskan konsep ekosistem yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami siswa. Dengan adanya simulasi secara langsung, guru lebih mudah menunjukkan hubungan antara kondisi lingkungan dan dampaknya terhadap makhluk hidup.
- 3) Media ini juga dapat dijadikan contoh atau inspirasi dalam pengembangan media pembelajaran IPA lainnya yang berbasis teknologi dan pendekatan STEM, sehingga mendukung kreativitas guru dalam proses pembelajaran.

3. Bagi Sekolah

- a) Pengembangan media pembelajaran berbasis Arduino dapat mendukung terciptanya lingkungan belajar yang modern, kreatif, dan mengikuti perkembangan teknologi pendidikan.
- b) Media peraga ini dapat digunakan secara berulang dalam kegiatan pembelajaran sehingga lebih efisien dan bermanfaat dalam jangka panjang sebagai sarana pendukung praktikum IPA di sekolah.
- c) Penggunaan media berbasis teknologi dapat membantu meningkatkan kualitas pembelajaran IPA karena siswa tidak hanya belajar teori, tetapi

juga melakukan pengamatan dan praktik secara langsung sesuai dengan penerapan kurikulum berbasis sains dan teknologi.

4. Bagi Peneliti

- a) Penelitian ini memberikan pengalaman langsung kepada peneliti dalam menerapkan pengetahuan tentang Arduino, sensor kelembapan tanah, dan sistem otomatisasi ke dalam media pembelajaran yang dapat digunakan di sekolah.
- b) Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya, misalnya pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT), monitoring data secara online, maupun pengembangan media pembelajaran IPA lainnya yang lebih inovatif dan interaktif.

E. Spesifikasi Produk

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa alat peraga yang digunakan untuk memvisualisasikan ekosistem di dalam pembelajaran IPA. Alat peraga ini berbentuk sebuah miniatur sistem irigasi otomatis. Spesifik produk ini disusun berdasarkan kebutuhan dalam pembelajaran yang ada di lingkungan SMP N 1 Jatirogo, khususnya untuk siswa dan guru sebagai penunjang dalam pembelajaran.

1. Spesifikasi Produk Miniatur Sistem Irigasi Otomatis

Miniatur sistem irigasi otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan representasi sederhana dari lingkungan pertanian nyata yang dirancang secara khusus sebagai media pembelajaran IPA di tingkat Sekolah Menengah Pertama. Perancangan miniatur ini

mempertimbangkan aspek keterpakaian di kelas, kemudahan pengoperasian, serta keamanan bagi peserta didik, sehingga media dapat digunakan secara optimal dalam berbagai kegiatan pembelajaran. Ukuran dan bentuk miniatur disesuaikan agar mampu merepresentasikan proses ekosistem secara visual dan konkret, namun tetap praktis, ringan, dan mudah dipindahkan oleh guru maupun siswa ketika digunakan di dalam kelas atau laboratorium IPA.

Secara fisik, miniatur sistem irigasi otomatis ini memiliki dimensi sekitar $\pm 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ dengan tinggi total $\pm 20\text{--}25 \text{ cm}$. Ukuran tersebut dipilih agar seluruh komponen utama sistem dapat terlihat dengan jelas oleh siswa dari berbagai sudut pandang, tanpa memerlukan ruang yang luas atau peralatan pendukung tambahan. Area lahan miniatur dibuat menggunakan bahan *styrofoam* sebagai dasar yang ringan, sehingga mampu menopang komponen lain seperti tanaman mini, sensor, dan saluran air. Komponen biotik dalam miniatur direpresentasikan menggunakan rumput sintetis atau model tanaman mini, seperti padi atau sayuran, yang dipilih untuk memberikan gambaran visual mengenai vegetasi dalam ekosistem pertanian secara sederhana namun mudah dipahami oleh siswa.

Miniatur ini juga dilengkapi dengan reservoir air atau tandon mini berkapasitas sekitar $\pm 500 \text{ ml}$ yang berfungsi sebagai sumber air dalam sistem irigasi. Kapasitas tandon tersebut dirancang agar cukup untuk menunjukkan proses penyiraman secara berulang dalam satu sesi

pembelajaran. Distribusi air dari tandon ke lahan miniatur dilakukan menggunakan pompa air mini DC yang terhubung dengan selang kecil berdiameter sekitar 4–6 mm sebagai pipa irigasi, sehingga aliran air dapat diamati secara langsung oleh siswa. Sistem elektronik pada miniatur ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat pengendali, yang terintegrasi dengan sensor kelembaban tanah, lampu LED indikator, serta komponen pendukung lainnya. Seluruh rangkaian elektronik ditempatkan dalam cover pelindung berbahan plastik untuk melindungi komponen dari percikan air dan sentuhan langsung, sehingga meningkatkan aspek keamanan dan ketahanan alat. Secara keseluruhan, desain fisik miniatur ini disusun agar sederhana, aman, dan sesuai dengan karakteristik peserta didik SMP, sekaligus mampu mendukung kegiatan pembelajaran IPA yang bersifat kontekstual dan interaktif.

2. Spesifikasi Fungsional Miniatur Sistem Irigasi Otomatis

Spesifikasi fungsional miniatur sistem irigasi otomatis ini menjelaskan kemampuan alat dalam melakukan proses irigasi secara otomatis, berdasarkan kondisi lingkungan yang dideteksi langsung oleh sensor. Fungsi utama miniatur ini adalah mensimulasikan cara kerja sistem irigasi otomatis yang digunakan di pertanian modern, di mana keputusan penyiraman tidak dilakukan secara manual, tetapi ditentukan oleh tingkat kelembaban tanah, salah satu faktor lingkungan yang penting dalam ekosistem. Dengan adanya fungsi ini, miniatur dapat menunjukkan kepada

siswa bagaimana teknologi digunakan untuk menyesuaikan kebutuhan air tanaman secara tepat dan efisien.

Sensor kelembaban tanah merupakan komponen utama yang digunakan untuk mendeteksi kondisi media tanam, baik dalam keadaan kering, lembap, maupun basah. Data yang dihasilkan oleh sensor berupa sinyal analog, kemudian dikirim ke Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem untuk diproses lebih lanjut. Arduino Uno menganalisis data tersebut dengan membandingkannya terhadap batas nilai yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga kondisi tanah dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu kering, lembap, dan basah. Proses pengolahan data ini menunjukkan bagaimana sistem elektronik mampu menerjemahkan informasi lingkungan menjadi dasar pengambilan keputusan secara otomatis.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, sistem akan memberikan respons yang berbeda sesuai dengan kondisi tanah yang terdeteksi. Jika sensor menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi kering, Arduino Uno akan mengaktifkan pompa air sehingga air dipompakan dari tandon ke lahan miniatur untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Sebaliknya, jika tanah berada dalam kondisi lembab atau basah, Arduino akan mematikan pompa air agar tidak terjadi penyiraman berlebihan yang bisa mengganggu keseimbangan ekosistem miniatur. Mekanisme ini secara jelas menunjukkan prinsip kerja kontrol otomatis berbasis umpan balik.

Untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap kondisi sistem, miniatur ini dilengkapi dengan indikator visual berupa tiga lampu LED yang berfungsi sebagai umpan balik langsung terhadap hasil pembacaan sensor. Lampu LED merah menyala ketika tanah dalam kondisi kering dan pompa sedang aktif, LED kuning menyala ketika tanah berada dalam kondisi lembab dengan pompa tidak aktif, sedangkan LED hijau menyala ketika tanah berada dalam kondisi basah atau kondisi optimal. Keberadaan indikator visual ini memudahkan siswa dalam menghubungkan data yang abstrak dengan tampilan visual yang konkret dan mudah diamati.

Seluruh proses kerja sistem berjalan secara otomatis dan terus-menerus, sehingga setiap perubahan kecil pada tingkat kelembaban tanah akan langsung direspon oleh sistem tanpa perlu campur tangan manusia. Fungsi ini tidak hanya menunjukkan cara kerja teknologi irigasi modern, tetapi juga menunjukkan hubungan antara perubahan faktor abiotik, seperti ketersediaan air dan kelembaban tanah, dengan respons sistem otomatis yang mempengaruhi kelangsungan komponen biotik. Dengan kata lain, spesifikasi fungsional miniatur ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga memiliki nilai pembelajaran yang kuat dalam mendukung pemahaman IPA yang kontekstual dan bermakna.

3. Spesifikasi pedagogis Miniatur Sistem Irigasi Otomatis

Dari sudut pandang mengajar, miniatur sistem irigasi otomatis berperan sebagai alat bantu belajar IPA yang interaktif, sesuai dengan konteks, dan berfokus pada pengalaman belajar langsung siswa. Alat ini dibuat agar

guru bisa menjelaskan konsep ekosistem dengan lebih jelas dan mudah dipahami, terutama tentang hubungan antara komponen abiotik, seperti air, tanah, kelembapan, dan cahaya, dengan komponen biotik, yaitu tanaman. Dengan mengamati cara kerja miniatur tersebut, siswa tidak hanya terima penjelasan melalui kata-kata atau teks, tetapi juga memiliki pengalaman belajar visual, observasi, dan eksperimen, sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih bermakna dan tidak tampak abstrak.

Miniatur ini memberi kesempatan kepada siswa untuk berpartisipasi aktif dalam proses belajar melalui aktivitas seperti mengamati, mengukur, dan membuat prediksi tentang bagaimana sistem irigasi merespons terhadap perubahan kondisi lingkungan. Siswa bisa melihat langsung kapan pompa air bekerja, bagaimana tingkat kelembapan tanah mempengaruhi aktif atau tidaknya sistem irigasi, serta menganalisis dampak perubahan tersebut terhadap tumbuh dan bertahan hidup tanaman. Aktivitas ini mendorong siswa untuk berpikir secara kritis dan sistematis, serta meningkatkan keterampilan proses sains seperti mengamati, bertanya, menafsirkan data, memahami hubungan sebab-akibat, dan menyimpulkan berdasarkan pengamatan yang dilakukan.

Selain itu, miniatur sistem irigasi otomatis ini juga mendukung pembelajaran berbasis proyek dan pendekatan STEM, karena menggabungkan konsep ilmu pengetahuan, teknologi, dan rekayasa dalam satu alat belajar yang utuh. Dengan menggunakan media ini, siswa tidak hanya mempelajari konsep ekosistem dari segi biologi, tetapi juga

memahami bagaimana prinsip teknologi dan rekayasa bisa diterapkan untuk menyelesaikan masalah nyata seperti pengelolaan air dan efisiensi irigasi dalam pertanian. Siswa juga dibiasakan merefleksikan peran teknologi dalam menjaga keseimbangan ekosistem, mendukung keberlanjutan lingkungan, serta meningkatkan kualitas hidup manusia.

Dengan demikian, miniatur sistem irigasi otomatis ini tidak hanya menjadi model fisik atau alat demonstrasi semata, tetapi juga menjadi cara belajar yang mendorong peran siswa secara aktif, memperkuat pemahaman tentang ekosistem, meningkatkan kemampuan teknologi, serta menumbuhkan sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, ketelitian, dan perhatian terhadap lingkungan. Fungsi ini sesuai dengan tujuan pembelajaran IPA Fase D yang berfokus pada pemahaman konsep, pengembangan keterampilan proses sains, serta pembentukan karakter dan sikap ilmiah peserta didik.

F. Asumsi Dan Keterbatasan Pengembangan

1. Asumsi pengembangan

Dalam proses pengembangan miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran IPA, pengembang berasumsi bahwa guru dan siswa telah memiliki pemahaman dasar mengenai penggunaan komponen listrik sederhana sehingga mampu mengoperasikan alat dengan benar dan aman. Selain itu, diasumsikan pula bahwa sekolah memiliki fasilitas listrik yang stabil agar media peraga pembelajaran dapat berfungsi.

Peneliti juga berasumsi bahwa guru dapat memahami panduan penggunaan media dan mampu menjelaskan cara kerjanya kepada siswa selama proses pembelajaran. Siswa SMP dianggap memiliki kemampuan dasar dalam melakukan kegiatan pengamatan, sehingga mereka dapat memahami perubahan kelembaban tanah dan respon otomatis sistem yang direpresentasikan dalam miniatur. Peneliti berasumsi bahwa siswa bisa membaca indikator maupun layar LCD 16 X 2 yang digunakan didalam media.

Lingkungan kelas atau laboratorium IPA juga diasumsikan mendukung penggunaan media berbasis air, terutama karena miniatur membutuhkan air dalam skala kecil untuk keperluan miniatur sistem penyiraman. Selanjutnya, miniatur diperkirakan digunakan hanya pada lingkungan normal penggunaan di dalam ruangan, bukan pada kondisi ekstrem yang dapat mengganggu kinerja alat. Peneliti juga berasumsi bahwa guru dan siswa menggunakan miniatur ini sesuai dengan tujuan pembelajaran, yaitu untuk memahami konsep ekosistem, interaksi lingkungan, serta penerapan teknologi irigasi otomatis. Terakhir, pengembang mengasumsikan bahwa representasi miniatur cukup mampu menggambarkan prinsip kerja irigasi otomatis di dunia nyata, dan bahwa perangkat lunak Arduino yang digunakan bersifat stabil sehingga tidak menimbulkan hambatan berarti dalam proses pembelajaran. Produk hanya diuji coba pada siswa kelas VII SMP dan terbatas pada materi ekosistem. Pengembangan media belum mencakup integrasi aplikasi berbasis internet maupun kontrol jarak jauh.

2. Keterbatasan pengembang

Keterbatasan dari penelitian ini adalah pada cakupannya dan kemampuan untuk menyimpulkan hasil secara umum. Pertama, uji efektivitas media miniatur irigasi otomatis ini hanya dilakukan dalam konteks pembelajaran IPA di Sekolah Menengah Pertama (SMP), sehingga hasil yang diperoleh tidak bisa langsung diterapkan atau digunakan untuk tingkat pendidikan lain atau pelatihan non-formal. Kedua, batasan pada waktu pengujian dan jumlah sampel yang digunakan, yaitu hanya berupa respon siswa dan pretest serta posttest dalam situasi pembelajaran tertentu.

Selain keterbatasan dalam cakupan dan konteks penelitian, penelitian ini juga memiliki keterbatasan dari segi teknis produk yang dibuat. Sistem miniatur irigasi otomatis berbasis Arduino Uno masih bersifat simulasi dan berskala kecil, sehingga belum bisa mewakili kompleksitas sistem irigasi sebenarnya di lingkungan pertanian. Sensor kelembaban tanah yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang terbatas dan bisa dipengaruhi oleh jenis tanah serta kondisi lingkungan sekitar, kadar air yang tidak selalu tetap. Selain itu, sistem ini belum memiliki fitur kalibrasi otomatis, penyimpanan data, atau koneksi berbasis Internet of Things (IoT), sehingga pengamatan hanya bisa dilakukan secara langsung dan dalam waktu tertentu. Keterbatasan teknis ini menyebabkan media ini lebih difokuskan sebagai alat bantu pembelajaran konsep, bukan sebagai model

sistem irigasi presisi yang benar-benar mencerminkan penerapan teknologi di dunia nyata.

Keterbatasan lainnya adalah penggunaan media hanya dapat dilakukan cukup sekali, karena jika tanah sudah terkena air perlu waktu untuk menjadikan tanah kedalam kondisi kering kembali.

G. Definisi Operasional

Definisi operasional dalam penelitian ini disusun untuk memberikan batasan yang jelas terhadap istilah-istilah utama yang digunakan dalam pengembangan miniatur sistem irigasi otomatis menggunakan Arduino Uno sebagai media peraga pembelajaran pada mata pelajaran IPA materi ekosistem di SMP 1 Jatirogo. Tujuan penyusunan definisi ini adalah agar setiap istilah dapat dipahami secara konsisten oleh pembaca serta menghindari terjadinya perbedaan penafsiran. Dengan adanya batasan yang jelas, seluruh komponen yang dibahas dalam penelitian dapat dimaknai secara tepat sesuai dengan konteks penerapannya.

Setiap istilah dalam definisi operasional ini dijelaskan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu aspek fungsional, aspek teknis, dan aspek kontekstual. Aspek fungsional menjelaskan peran atau fungsi dari sistem dan komponennya dalam mendukung kegiatan pembelajaran di sekolah. Aspek teknis menguraikan cara kerja sistem atau komponen dalam menghasilkan data tingkat kelembaban tanah. Sementara itu, aspek kontekstual menjelaskan bagaimana sistem tersebut diterapkan dan dimanfaatkan dalam lingkungan sekolah menengah pertama, khususnya di SMP N 1 Jatirogo. Dengan

pendekatan tersebut, definisi operasional ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang menyeluruh terhadap istilah-istilah penting yang digunakan dalam penelitian sehingga mendukung kejelasan arah dan ruang lingkup kajian.

1. Miniatur Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Arduino Uno

Miniatur sistem irigasi otomatis adalah media pembelajaran berbentuk replika sistem pengairan yang bekerja secara otomatis menggunakan Arduino Uno dan sensor kelembapan tanah untuk membantu siswa memahami materi ekosistem.

Secara fungsional, miniatur sistem irigasi otomatis berbasis Arduino Uno bertindak sebagai alat pembelajaran yang membantu siswa memahami konsep ekosistem dengan cara yang lebih nyata. Miniatur ini menunjukkan hubungan antara faktor non-hidup seperti kelembapan tanah dengan respons dari sistem, yaitu melalui penyiraman air secara otomatis. Dengan kemampuannya menampilkan perubahan kondisi tanah secara langsung, menggunakan sensor, lampu indikator, dan aktivitas pompa, alat ini memberikan pengalaman belajar langsung yang memungkinkan siswa mengamati, menganalisis, dan menghubungkan fenomena yang terjadi di alam dengan teori ekosistem. Fungsi utama dari miniatur ini adalah mengubah konsep yang abstrak menjadi lebih mudah dipahami melalui demonstrasi yang nyata.

Miniatur sistem irigasi otomatis ini terdiri dari beberapa komponen utama seperti Arduino Uno, sensor kelembapan tanah, pompa air, relay, dan LED indikator yang bekerja bersama-sama membentuk satu sistem.

Arduino Uno berfungsi untuk memproses data dari sensor kelembaban tanah yang bersifat analog, lalu mengubahnya menjadi keputusan otomatis untuk menghidupkan atau mematikan pompa air. Keandalan alat ini terlihat dari ketepatan pembacaan sensor, respons sistem yang cepat, serta indikator LED yang jelas, sehingga memudahkan siswa dalam mengamati dan memahami proses kerja sistem. Desain rangkaian yang sederhana namun tetap fungsional membuat miniatur ini mudah digunakan, dirawat, dan disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran, sehingga bisa digunakan berulang kali dalam praktik di kelas tanpa hambatan.

Pada aspek kontekstual, miniatur sistem irigasi otomatis dirancang berdasarkan kebutuhan pembelajaran IPA di tingkat SMP, khususnya dalam materi ekosistem yang sering kali sulit dipahami jika hanya dijelaskan melalui teks atau gambar. Media ini relevan dengan konteks kehidupan nyata karena mengadopsi teknologi pertanian modern seperti *smart farming* yang dekat dengan lingkungan siswa. Selain itu, alat ini mampu meningkatkan motivasi dan partisipasi siswa karena menghadirkan pembelajaran berbasis teknologi yang interaktif dan aplikatif. Guru pun diuntungkan karena media ini dapat dengan mudah diintegrasikan dalam kegiatan eksperimen, demonstrasi, maupun proyek, sehingga mendukung pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan bermakna, yang dimaksud dengan miniatur sistem irigasi otomatis dalam penelitian ini adalah media peraga pembelajaran yang dikembangkan menggunakan komponen-komponen berikut:

a. Arduino Uno R3

Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat kendali untuk membaca data sensor dan mengontrol aktuator. Arduino Uno R3 adalah papan mikrokontroler populer berbasis chip ATmega328P, ideal untuk pemula, dilengkapi 14 pin I/O digital (6 PWM), 6 analog, koneksi USB, jack daya, dan dapat dioperasikan dengan USB atau baterai, serta mudah diprogram menggunakan Arduino IDE

b. Sensor kelembaban tanah (*Soil Moisture Sensor*)

Mendeteksi kadar kelembaban tanah pada media tanam mini. Alat pendeteksi kelembaban tanah disebut *Soil Moisture Meter* atau Pengukur Kelembaban Tanah, ada tipe sederhana (analog/digital) hingga canggih (sensor TDR, kapasitif) yang bisa mengukur kadar air untuk menentukan kapan harus menyiram, cocok untuk petani atau hobi berkebun, tersedia di toko alat pertanian, elektronik, atau *marketplace online*.

c. Pompa air mini, selang distribusi.

Berfungsi mengalirkan air secara otomatis ketika kadar kelembaban tanah berada di bawah nilai ambang batas (threshold). Pompa air mini adalah perangkat kecil serbaguna untuk memindahkan air, tersedia dalam tipe celup (*submersible*) untuk aquarium/hidroponik atau tipe dorong (*booster*) untuk kebutuhan rumah tangga skala kecil, seringkali menggunakan daya DC 12V/24V

atau USB, dan berfungsi untuk sirkulasi, penyiraman, atau pengurasan dalam volume kecil.

d. Wadah miniatur tanah dan tanaman

Sebagai representasi kondisi ekosistem sederhana (komponen biotik dan abiotik). Sebuah miniatur bidang untuk menempatkan media tanah dan juga menempatkan rangkaian sensor Arduino Uno. Terbuat dari kotak *sterofoam*, agar air tidak bocor dan ringan dibawa.

e. Rangkaian listrik dan program Arduino

Sensor kelembaban tanah bekerja memberikan sinyal pada mikrokontroler Arduino Uno, kemudian Arduino Uno memproses data, jika kondisi tanah kering maka Arduino memberi perintah ke relay untuk ON yang akan menghidupkan pompa air mini.

f. Fungsi didaktik media

Miniatur ini secara operasional digunakan untuk: Memvisualisasikan proses irigasi otomatis. Menghubungkan faktor abiotik (air, tanah) dengan respon sistem. Memfasilitasi pembelajaran konsep keseimbangan ekosistem melalui pengalaman langsung.

g. Lampu Led 3 warna

Lampu Led 3 warna ini merupakan alat indikator kelembaban tanah yang digunakan untuk memberitahukan pengguna atau siswa dalam mempermudah pengamatan, jika warna merah maka status tanah kering, kuning status tanah lembab, jika hijau status tanah basah.

h. LCD 16x2

LCD 16x2 pada sistem penyiraman otomatis berfungsi sebagai alat tampilan (output) yang menampilkan informasi kelembapan tanah, status pompa air, kondisi tanah.

2. Media peraga pembelajaran

Media peraga pembelajaran bertujuan membantu siswa memahami konsep yang abstrak dengan cara yang lebih mudah dilihat dan dipahami. Dalam penelitian ini, media peraga yang digunakan adalah miniatur sistem irigasi otomatis. Tujuannya adalah agar siswa dapat lebih mudah mengamati bagaimana komponen-komponen dalam ekosistem saling berkaitan, terutama hubungan antara faktor non-hidup seperti kelembapan tanah dengan respon sistem. Alat peraga ini dirancang untuk memperkuat pemahaman siswa melalui pengalaman belajar langsung, sehingga mereka dapat mengamati, menganalisis, dan menyimpulkan sesuatu berdasarkan fenomena yang dimodelkan secara nyata.

Secara teknis, alat demonstrasi harus memiliki spesifikasi yang memastikan alat dapat berjalan stabil, aman, dan mudah digunakan dalam proses belajar mengajar. Dalam penelitian ini, aspek teknis meliputi penggunaan sensor untuk mengukur kelembapan tanah, modul mikrokontroler Arduino, lampu indikator berupa LED, serta sistem pompa air yang terintegrasi. Desain teknis ini harus mendukung keakuratan dalam membaca data, kemampuan sistem merespons perubahan kelembapan, serta kemudahan dalam perawatan dan pengaturan alat di dalam kelas.

Dengan demikian, perangkat ini bukan hanya alat bantu visual biasa, tetapi juga merupakan prototipe yang fungsional dan mewakili mekanisme irigasi otomatis berbasis teknologi.

Dari segi konteks, media peraga ini disesuaikan dengan kebutuhan belajar yang spesifik di lingkungan SMP, terutama untuk materi ekosistem yang sering kali siswa kurang tertarik tanpa contoh nyata. Miniatur sistem irigasi otomatis ini dikembangkan berdasarkan kondisi pembelajaran IPA di SMP N 1 Jatirogo, di mana siswa membutuhkan media konkret untuk memahami hubungan sebab-akibat antara lingkungan dengan respons organisme atau sistem. Media peraga ini juga dirancang agar sesuai dengan konteks lokal, mudah digunakan oleh guru, serta mendorong pembelajaran aktif dan inkuiri. Dengan mempertimbangkan konteks tersebut, alat peraga miniatur sistem irigasi otomatis ini diharapkan dapat meningkatkan partisipasi siswa dan efektivitas dalam memahami konsep ekosistem.

3. Arduino Uno

Arduino Uno berperan sebagai pusat pengendali utama dalam sistem irigasi otomatis yang dikembangkan sebagai sarana pembelajaran. Secara fungsional, Arduino Uno bertugas menerima data dari sensor kelembaban tanah, mengubah sinyal masukan menjadi keputusan, serta mengatur keluaran seperti menyalakan lampu LED atau mengaktifkan pompa air. Fungsi ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis, sehingga siswa dapat mengamati hubungan antara lingkungan, sensor, dan respons sistem

secara langsung. Dengan kemampuan tersebut, Arduino Uno menjadi komponen utama yang mendukung pemahaman konsep ekosistem secara lebih jelas dan interaktif.

Dari segi teknis, Arduino Uno memiliki keunggulan seperti struktur rangkaian yang mudah, bisa digunakan dengan berbagai jenis sensor, serta cara pemrogramannya yang tidak terlalu rumit. Board ini menggunakan mikrokontroler ATmega328P yang bisa membaca data dari sensor kelembaban tanah, memproses perintah dalam program, dan mengatur aktuator seperti pompa melalui pin digital. Proses pengiriman program yang cepat, kinerja yang stabil, dan tersedianya berbagai library membuat Arduino Uno menjadi alat yang bisa diandalkan dalam membuat alat peraga. Selain itu, desainnya yang modular memudahkan dalam merawat, mengganti komponen, serta mengembangkan sistem lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Dalam pembelajaran di SMP, Arduino Uno digunakan sesuai dengan kebutuhan untuk memberikan media yang modern, relevan, dan mudah diintegrasikan ke dalam proses belajar IPA. Arduino membantu siswa memahami cara teknologi bekerja dalam menyelesaikan masalah lingkungan, sehingga sesuai dengan materi ekosistem yang membahas hubungan antara faktor abiotik dan respons sistem. Selain itu, penggunaan Arduino Uno juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengenali teknologi mikrokontroler yang semakin berkembang di dunia pendidikan. Mengingat kondisi sarana sekolah, kemampuan guru, serta karakteristik

siswa SMP, Arduino Uno dipandang sebagai pilihan media yang tepat untuk memberikan pengalaman belajar yang aplikatif, kontekstual, dan bermakna.

Dalam penelitian ini, penggunaan Arduino Uno dimaknai secara operasional sebagai pemanfaatan papan mikrokontroler yang diintegrasikan ke dalam media pembelajaran berupa miniatur sistem irigasi otomatis pada materi ekosistem di SMP, yang berfungsi sebagai pengendali utama dalam menerima input dari sensor kelembaban tanah, mengolah data, dan menghasilkan output berupa respons sistem seperti indikator LED atau pengaktifan aliran air. Penggunaan Arduino Uno dinilai berdasarkan kemampuannya memvisualisasikan hubungan antara faktor abiotik (air, tanah, dan kelembaban) dengan respons sistem secara nyata, kemudahan penggunaan oleh guru dan siswa, serta kontribusinya dalam membantu siswa memahami konsep ekosistem melalui pengalaman belajar yang aplikatif, kontekstual, dan bermakna sesuai dengan tujuan pembelajaran IPA.

4. Efektivitas pembelajaran IPA (ekosistem).

Secara fungsional, efektivitas miniatur sistem irigasi otomatis bisa dilihat dari kemampuannya dalam membantu siswa memahami konsep ekosistem dengan lebih baik. Miniatur ini menampilkan hubungan antara komponen biotik dan abiotik secara nyata melalui visualisasi yang jelas. Siswa dapat melihat dinamika kelembaban tanah, peran faktor lingkungan, serta cara sistem merespons secara langsung melalui indikator sensor yang

berjalan real-time. Dengan belajar langsung menggunakan miniatur ini, siswa bisa mengamati perubahan kondisi tanah dan memahami bagaimana sistem tersebut bekerja. Dengan demikian, konsep-konsep abstrak dalam IPA bisa dipelajari secara lebih konkret dan bermakna sesuai dengan prinsip pembelajaran IPA.

Efektivitas miniatur terlihat dari kemampuannya memberikan data yang tepat, respon otomatis yang konsisten, serta indikator sensor yang mudah dilihat oleh siswa. Sistem ini memungkinkan pengguna mengukur kondisi tanah, memperkirakan respons sistem berdasarkan masukan dari sensor, dan menarik kesimpulan dari data yang ditampilkan secara langsung. Keandalan teknis ini menjadikan miniatur bukan hanya sebagai alat demonstrasi, tetapi juga sebagai sarana praktikum yang memperkuat keterampilan proses ilmiah seperti mengamati, menganalisis data, dan melakukan penyelidikan sederhana.

Efektivitas miniatur juga terlihat dari kontribusinya dalam meningkatkan semangat belajar, keaktifan, dan kegunaan pembelajaran IPA bagi siswa SMP. Penggunaan media berbasis sensor dan otomatisasi membuat pembelajaran lebih menarik, modern, dan dekat dengan kehidupan nyata, seperti teknologi pertanian canggih. Miniatur ini mendukung pembelajaran yang aktif, bersifat bekerja sama, serta memudahkan guru dalam menjelaskan konsep ekosistem secara nyata tanpa hanya mengandalkan penjelasan verbal. Dengan demikian, miniatur ini memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan sesuai dengan

konteks, sehingga dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang cocok dengan kebutuhan sekolah dan pemahaman siswa.

Dalam penelitian ini, efektivitas pembelajaran IPA pada materi ekosistem dimaknai secara operasional sebagai tingkat keberhasilan penggunaan miniatur sistem irigasi otomatis dalam membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Efektivitas tersebut diukur melalui peningkatan pemahaman konsep ekosistem siswa, khususnya keterkaitan antara komponen biotik dan abiotik, kemampuan siswa dalam mengamati dan menjelaskan respons sistem terhadap perubahan kelembaban tanah, serta keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran. Selain itu, efektivitas juga ditinjau dari keandalan fungsi miniatur dalam menampilkan data sensor secara konsisten dan mudah dipahami, serta dari respon siswa terhadap penggunaan media yang ditunjukkan melalui minat, keaktifan, dan sikap positif dalam pembelajaran IPA. Miniatur dinyatakan efektif apabila mampu digunakan secara optimal oleh guru dan siswa serta memberikan pengalaman belajar yang konkret, kontekstual, dan bermakna sesuai karakteristik siswa SMP.

Tabel 1. 1 Operasional Variabel

Variabel	Sub variabel	Indikator terukur	Alat ukur
Pemahaman konsep ekosistem siswa	Pemahaman konsep hubungan komponen ekosistem	Kemampuan siswa menjelaskan hubungan komponen biotik–abiotik, terutama peran air sebagai faktor abiotik.	Tes hasil belajar

	Pemahaman proses irigasi sebagai bagian dari dinamika ekosistem	Kemampuan menjelaskan bagaimana air bergerak, manfaat irigasi, dan pengaruhnya terhadap makhluk hidup.	Tes hasil belajar
	Kemampuan menjelaskan respon sistem otomatis	Siswa dapat menggambarkan alur: sensor membaca kondisi tanah kemudian Arduino memproses dan memberi sinyal pompa menyala/mati.	Tes hasil belajar
	Kinerja siswa dalam tes pengetahuan	Pengukuran dilakukan menggunakan instrumen tes yang selaras dengan KD/CP materi ekosistem, khususnya indikator, keseimbangan ekosistem, hubungan komponen, dan faktor yang memengaruhi kehidupan organisme.	Tes hasil belajar
Kelayakan media pembelajaran	validitas	Ditentukan melalui penilaian ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran terhadap, kesesuaian materi, ketepatan fungsi media, kelayakan komponen, kebenaran konsep yang disampaikan.	Hasil belajar
	kepraktisan	Dilihat dari: kemudahan guru menggunakan media, kemudahan siswa mengamati proses, respon positif dari pengguna (guru & siswa).	Hasil belajar
	keefektifan	Diukur dari, peningkatan pemahaman konsep siswa (menggunakan <i>pre-test & post-test</i>) keterlibatan siswa selama pembelajaran, pencapaian KKM minimal.	Hasil belajar